SetE BULLETIN SCIENCE ET ENVIRONNEMENT SetE
Numéro 19 juillet/août 2000

RETOUR AU BERCAIL

La grâce spectaculaire d'un Faucon pèlerin qui s'élance d'une falaise pour aller s'abattre en plein vol sur un goéland; l'appel solitaire d'un Renard véloce en quête de partenaire lors d'une nuit froide, dans les Prairies... Ce sont là des scènes et des sons qui avaient presque disparus de nos grands espaces naturels, mais qu'on peut maintenant voir et entendre plus souvent, grâce aux immenses efforts de réintroduction mis en oeuvre pour préserver la biodiversité et redonner un équilibre aux écosystèmes perturbés par l'activité humaine.

Jamais depuis la disparition des dinosaures, il y a 65 millions d'années, notre planète n'a connu un effritement aussi marqué de sa biodiversité. De nombreux facteurs sont en cause, mais il faut au premier chef blâmer l'amenuisement, la disparition et la fragmentation de l'habitat, attribuables à l'activité humaine. Bien que la protection des populations sauvages constitue la première ligne de défense active contre l'extinction, dans de nombreux cas elles sont si peu abondantes que les autorités scientifiques n'ont d'autre choix que de procéder à un rétablissement en déplaçant les spécimens survivants vers des habitats plus propices, ou en les amenant dans des zoos et d'autres installations pour qu'ils s'y reproduisent en captivité. On peut alors utiliser les descendants de ces populations captives pour tenter de reconstituer dans la nature une population sauvage et viable.

L'Union mondiale pour la nature recense actuellement quelque 200 projets de réintroduction un peu partout dans le monde. Cela dit, un programme de rétablissement ne se limite pas, loin s'en faut, à relâcher des animaux dans leur habitat naturel en espérant qu'ils y prospèrent et se multiplient. Il s'agit plutôt d'une opération complexe et de longue haleine, qui s'accompagne d'une foule de problèmes économiques, sociaux et environnementaux.

Pour prévenir la transmission de maladies, la perturbation sociale et l'introduction de gènes étrangers, la majorité des réintroductions ont lieu dans des endroits où ne subsiste aucune population résiduelle. Dans la mesure du possible, on choisit des sujets qui appartiennent à la même sous-espèce ou à la même race que celle qu'on souhaite réintroduire, car ils sont plus susceptibles de présenter des traits génétiques adaptés à l'habitat. S'il existe une population sauvage suffisante et qu'on estime, au vu d'études, qu'elle ne souffrira pas du déplacement de certains spécimens, il s'avère alors plus aisé et moins coûteux

Disparu des Prairies canadiennes durant les années 1930, le Renard véloce y a été réintroduit et on y trouve aujourd'hui une population sauvage de 300 individus.
Photo : Lu Carbyn

de capturer et de déplacer des animaux que de recourir à l'élevage en captivité, puisque ces animaux possèdent déjà les habiletés nécessaires pour survivre en milieu sauvage.

Quand les populations sont insuffisantes, toutefois, l'élevage en captivité peut représenter l'unique solution. Un des inconvénients de cette méthode est que s'il existe peu de couples reproducteurs, leur descendance proviendra d'un fonds génétique très étroit, ce qui accroît le risque de déficiences. Heureusement, aucun problème du genre n'a été observé chez les oiseaux élevés en captivité. Un autre inconvénient de la reproduction en captivité réside dans son coût. Outre les dépenses habituelles de nourriture, d'hébergement et de soins vétérinaires, il faut, pour certaines espèces, recourir à l'insémination artificielle ou à des techniques de substitution. En outre, comme la majorité des espèces d'oiseaux et de mammifères dépendent fortement de l'expérience individuelle et de l'apprentissage acquis au stade juvénile, il faut leur apprendre les comportements essentiels à leur survie. Par ailleurs, les oiseaux se prêtent davantage à l'élevage en captivité que les mammifères, puisque les comportements aviaires sont généralement plus innés. En même temps, les animaux ne doivent pas trop s'accoutumer à la présence humaine, de crainte qu'ils n'envahissent les régions peuplées. Enfin, il peut s'avérer nécessaire, même à long terme, de dispenser certains soins après la remise en liberté : suivi, alimentation complémentaire, soins vétérinaires, répression des prédateurs.

Les biologistes du Service canadien de la faune (SCF) d'Environnement Canada participent à plusieurs efforts de réintroduction, au sein d'équipes multipartites de rétablissement d'espèces en péril. Leurs recherches visent à mieux comprendre les causes du déclin d'une espèce, la dynamique de son écosystème et ses besoins vitaux : habitat nécessaire, comportement social, composition du groupe, superficie de l'aire de répartition,

Suite à la page 2

À L'INTÉRIEUR

3 Le soleil jette de la lumière sur la chimie polaire
5 Clayoquot Sound : Un joyau du patrimoine international
6 Nouvelles technologies, poussières moins polluantes
7 Décontamination des eaux souterraines par la vitamine B_{12}
8 Les tornades des Prairies

Suite de la page 1

besoins en couvert et en alimentation, comportement de quête de nourriture et d'alimentation. Il s'agit là de données essentielles à la réussite de la réintroduction, car il faut satisfaire aux besoins de l'espèce, atténuer ou éliminer les causes de son déclin et la protéger à long terme sur l'ensemble de son territoire.

Quand on ne peut satisfaire aux besoins, il faut quelquefois mettre en veilleuse le programme de rétablissement, comme on l'a fait pour le Putois d'Amérique, un mammifère qui ressemble à la belette, autrefois commun dans le sud-ouest des Prairies, mais aujourd'hui disparu au Canada. Bien qu'on ait pratiqué un élevage en captivité au Canada à partir d'un stock américain, les animaux ainsi produits ne peuvent être réintroduits au Canada, en raison du nombre insuffisant de Chiens de prairie, principale source de nourriture du Putois d'Amérique.

On rencontre le même type d'obstacle dans le cas de la Pie-grièche migratrice, une espèce d'oiseaux en voie de disparition dont la population a chuté si brutalement depuis 25 ans qu'une sous-espèce de l'Est compte aujourd'hui 44 couples sauvages reproducteurs, répartis en Ontario et au Manitoba. Même si ce déclin semble en bonne partie attribuable à la disparition de l'habitat de prairie de succession précoce, on manque de données sur les autres influences négatives, notamment celles s'exerçant le long de ses voies de migration et aires d'hivernage encore inconnues. Cependant, les oiseaux de

Dans la réintroduction des Grues blanches en milieu naturel, un des principaux problèmes consiste à leur apprendre à migrer, un comportement qui leur serait normalement transmis par leurs parents en milieu sauvage.
Photo : Geoffrey L. Holroyd

première génération issus de la population reproductrice actuellement captive ne seront pas relâchés dans la nature avant qu'on ait obtenu une information suffisante et instauré des mesures de restauration de l'habitat.

Pour tout programme de réintroduction, un autre élément important consiste à en assurer l'acceptation et le soutien publics, plus particulièrement par les propriétaires fonciers et les autres parties concernées. Comme l'appui des propriétaires fonciers est essentiel à la protection à long terme de l'habitat, il faut que les stratégies de gestion des espèces menacées soient bien comprises et, dans la mesure du possible, tiennent compte des autres utilisations compatibles du territoire. Si l'espèce introduite peut engendrer des risques matériels, il faut alors atténuer ces risques au maximum et prévoir une indemnisation adéquate.

Au Canada, l'appui des éleveurs a été un élément essentiel au succès de la réintroduction du Renard véloce — plus petit chien sauvage de l'Amérique du Nord —, puisque les pâturages non cultivés constituent l'habitat naturel historique de l'espèce. Jadis commun dans les prairies sèches s'étendant du sud des Prairies canadiennes jusqu'au Texas, le Renard véloce est disparu du paysage canadien depuis les années 1930 pour diverses raisons : sécheresses, amenuisement de l'habitat, chasse, piégeage, ingestion de poisons destinés aux populations de Coyotes et de rongeurs. En 1972, après qu'un couple albertain eut commencé à pratiquer l'élevage en captivité à partir d'animaux issus d'une population américaine, plus de 900 renards ont été relâchés au cours des 30 années suivantes dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan. Malgré une forte prédation par le Coyote et l'Aigle royal, l'afflux constant de nouveaux renards — dont certains par translocation des États-Unis — a permis à l'espèce de s'établir solidement. Aujourd'hui, la population sauvage du Canada totalise quelque 300 bêtes, dont 80 % nées dans la nature.

La situation de la Marmotte de l'île Vancouver, un petit mammifère brun chocolat en voie de disparition, est inusitée. Même si son habitat idéal existe encore, l'espèce a disparu des deux tiers de son territoire historique au cours des cinq dernières décennies, et sa population sauvage est aujourd'hui inférieure à deux douzaines de spécimens parce que les jeunes marmottes ont pris l'habitude de coloniser les zones coupées à blanc plutôt que les prés subalpins. Non seulement les secteurs coupés à blanc deviennent un habitat impropre à mesure que la forêt se régénère, mais aussi cela a pour effet de concentrer la population de marmottes, qui deviennent ainsi plus vulnérables à la prédation.

Même si la naissance de huit bébés marmottes dans un zoo au début de l'été prouve que l'espèce peut se reproduire en milieu artificiel, les marmottes élevées en captivité ont besoin d'un environnement plus naturel pour acquérir des comportements normaux, tels que l'hibernation et la crainte des prédateurs. À cette fin, on est en train de construire un centre spécial d'élevage sur une montagne de l'île de Vancouver, avec l'aide financière du gouvernement provincial, de l'industrie forestière et d'autres sources privées. Cette installation valant au bas mot un million de dollars ouvrira ses portes d'ici la fin de l'année; les premières marmottes devraient être remises en liberté dans trois ans environ. Il faudra probablement ajouter chaque année de nouveaux animaux à la population sauvage, durant encore 15 à 20 ans.

L'enseignement de comportements naturels à des animaux nés en captivité a été un des points de mire des efforts déployés pour restaurer les populations de Grues blanches — une espèce en danger de disparition —, qui ne comptait plus que seize individus en 1941, faisant tous partie d'une troupe sauvage qui se reproduit dans les Territoires du Nord-Ouest, au parc national Wood Buffalo, et hiverne dans le golfe du Mexique au Texas. En 1967, des biologistes ont commencé à ramasser des œufs et à élever des populations en captivité; la quasi-totalité des 400 Grues blanches qu'on dénombre actuellement descendent donc des trois femelles de la troupe originelle. Pour faire acquérir à ces grues captives les comportements appropriés de quête de nourriture — et aussi pour exercer leurs longues et délicates pattes —, on fait régulièrement marcher les juvéniles en croissance dans des zones humides. Même là, les grues récemment relâchées reçoivent un supplément d'alimentation durant leurs premières semaines de liberté. Les juvéniles sont élevés dans des enclos à côté de grues adultes, pour qu'ils suivent leur exemple en période de nidification; par ailleurs, pour éviter une imprégnation des grues par la présence humaine, les préposés qui en prennent

Suite à la page 3

Suite de la page 2

soin portent des marionnettes en forme de grue.

Depuis quelques années, on a introduit en Floride 175 grues nées en captivité, pour y fonder une nouvelle population sauvage non migratrice. Ce troupeau compte aujourd'hui environ 73 têtes; sa taille est de 25 % inférieure à l'objectif visé, principalement en raison de la naïveté des grues nées en captivité et de leur vulnérabilité à la prédation par le Lynx roux. Depuis, on a déplacé le troupeau dans des pâturages plus dégagés, qui offrent un couvert moindre aux Lynx roux et où l'on enseigne aux jeunes grues nées en captivité à privilégier les herbes courtes et à aller se reposer sur l'eau.

L'établissement d'un nouveau troupeau migrateur de Grues blanches représente un défi plus corsé, puisque les oiseaux apprennent de leurs parents le comportement de migration et qu'aucun des individus nés en captivité n'a connu cette expérience. On a obtenu quelque succès en employant comme parents nourriciers des Grues du Canada provenant du Midwest américain, mais de nombreux oiseaux ont péri en heurtant des lignes électriques. Un phénomène d'imprégnation sur les Grues du Canada a perturbé le comportement nuptial des Grues blanches, qui n'ont pas formé de couples. On espère maintenant fonder un nouveau troupeau migrateur sauvage dans l'Est des États-Unis — où il ne risque pas d'entrer en contact avec le troupeau originel de l'Ouest — en leur montrant la voie avec un avion ultra léger. Déjà employée avec succès avec des oies, cette méthode sera expérimentée cet été avec des Grues du Canada, et pourrait être utilisée dès l'an prochain avec des Grues blanches. Il s'agit d'une initiative financée par des fonds privés, à environ 750 000 dollars américains par année pour dix ans.

L'expérience accumulée durant plusieurs siècles de fauconnerie a contribué à une fructueuse réintroduction du Faucon pèlerin, anatum, une sous-espèce disparue de la plus grande partie de l'Est du Canada, du sud de l'Alberta, du Manitoba et de l'intérieur de la Colombie-Britannique en raison d'une utilisation généralisée et intensive des organochlorés, particulièrement du pesticide DDT. Durant 25 ans, depuis le début des années 1970, Environnement Canada a élevé en captivité 1 550 fauconneaux, qui ont été relâchés en milieu naturel et urbain un peu partout au pays. Pour prévenir les maladies, on a établi le centre de reproduction dans un endroit isolé en Alberta, où l'on a élevé sur place les cailles devant servir à nourrir les jeunes faucons. Bien que les juvéniles élevés en captivité aient d'eux-mêmes appris comment chasser et migrer, on leur a quotidiennement donné de la viande fraîche jusqu'à deux mois après leur remise en liberté. Dans plusieurs cas, on a déplacé des prédateurs persistants, comme le Grand-duc d'Amérique et l'Autour des palombes, pour augmenter les chances de survie des fauconneaux.

Aujourd'hui, le Faucon pèlerin, anatum est rétabli dans toutes les régions géographiques du Canada où il vivait historiquement, sauf la vallée de

On est en train d'ériger au sommet d'une montagne un centre spécial d'élevage en captivité de Marmottes de l'île Vancouver. Une exposition à des conditions naturelles facilitera l'adaptation des marmottes en milieu sauvage.
Photo : Robert Milko

l'Okanagan en Colombie-Britannique, où un programme de réintroduction amorce sa troisième année. Avec quelque 500 couples reproducteurs répartis partout au pays, on a déclassé l'espèce en 1999, dont le statut est passé d' « en voie de disparition » à « menacée ». En Alberta et en Ontario, pour accroître la population, on continue de placer des fauconneaux élevés en captivité dans des nids hébergeant moins de quatre oisillons.

D'autres facteurs doivent être pris en compte dans le rétablissement du plus gros mammifère terrestre vivant au Canada, le Bison des bois. Cette espèce, qui totalisait jadis plus de 160 000 individus, était autrefois répandue dans certaines portions de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan et des Territoires du Nord-Ouest, avant que son abondance ne chute radicalement pour diverses causes : hivers rigoureux, prédation par les loups, chasse, croisement avec le Bison des plaines. En 1957, dans un secteur éloigné du nord-ouest du parc national Wood Buffalo, un biologiste du SCF découvrait un groupe de 200 Bisons des bois, qui constituait le dernier troupeau de l'espèce. Après l'apparition de maladies dans la région, certains membres du troupeau ont été transportés en 1963 vers des pâturages naturels de la réserve de bisons Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest, et en 1965 l'on a transféré d'autres bisons dans des pâturages clôturés du parc national Elk Island, en Alberta.

En 1969, le troupeau de Bisons des bois du parc Elk Island a été frappé par la maladie. Il a fallu instaurer un strict programme de dépistage et d'abattage avant de pouvoir recourir à ce groupe pour établir ailleurs des troupeaux d'élevage en captivité. En 1975, des biologistes ont commencé à déplacer vers d'autres endroits des bêtes issues du troupeau-source d'Elk Island, pour créer des populations en liberté dans la nature. Leur nombre a crû si rapidement qu'en 1987 le statut du Bison des bois est passé d'espèce en danger de disparition à celui d'espèce menacée, et qu'on a mis fin trois ans plus tard au programme d'élevage en captivité.

Aujourd'hui, les activités de rétablissement ont permis de former au Canada six troupeaux sauvages exempts de maladie, qui totalisent 2 800 Bisons des bois, et six troupeaux captifs tout aussi sains, comptant 700 autres têtes. Même si le Bison des bois est aujourd'hui de retour dans toutes les régions qu'il habitait à l'origine, l'habitat historique disponible a été fortement restreint par la conversion agricole et la mise en valeur des terres, et par la nécessité d'isoler géographiquement le Bison des bois des troupeaux malades et du Bison des plaines. Pour aider à réaliser l'objectif canadien consistant à reconstituer quatre troupeaux géographiquement distincts comptant 400 individus chacun, des biologistes ont entrepris des négociations pour étendre leurs efforts à l'Alaska et à certaines portions de la Sibérie orientale.

Même si une conservation proactive à fondement écosystémique constitue la meilleure méthode d'aménagement faunique à long terme, les efforts de réintroduction demeurent un outil essentiel pour protéger *in extremis* les espèces en grave péril. L'expérience tirée de ce type de projets aidera à faire en sorte que de nombreuses espèces d'oiseaux et d'animaux sur le point de disparaître de nos régions sauvages pourront à nouveau s'y sentir bien chez elles. SeE

LE SOLEIL JETTE DE LA LUMIÈRE SUR LA CHIMIE POLAIRE

En mars, quand le soleil se lève sur l'Arctique au terme de presque six mois d'obscurité, ses rayons déclenchent des réactions chimiques imprévues à la surface de la neige. Engendrées par la libération de composés mobilisés d'une façon ou d'une autre par la neige et la glace, ces réactions surviennent probablement depuis la nuit des temps. Cependant, les scientifiques commencent à peine à s'y intéresser, ainsi qu'aux effets que des réactions semblables, dans les autres régions enneigées du globe, pourraient exercer sur l'atmosphère et le climat planétaires.

Entre février et mai 2000, plus d'une trentaine de scientifiques et d'étudiants universitaires du Canada, des États-Unis, de la France, de l'Italie, de l'Allemagne et du Japon se sont installés à Alert, au Nunavut, pour participer à la plus vaste étude internationale jamais réalisée sur les effets photochimiques du lever de soleil polaire. Une quinzaine de scientifiques du Service météorologique du Canada, qui relève d'Environnement Canada, ont contribué à cette campagne d'étude sur le terrain, axée sur l'appauvrissement de l'ozone au niveau du sol et sur le rôle éventuel des réactions chimiques dans la couverture neigeuse et la surface de la glace.

Grâce à la longue période d'obscurité précédant le lever du soleil, les scientifiques ont pu analyser les changements survenant dans les composantes gazeuses de l'air et de la neige avant et après l'événement, au moyen de techniques de pointe comme la spectrométrie de masse et la fluorescence induite par laser. On a également effectué des milliers d'autres mesures de la température et de la physique de la neige — forme des cristaux, superficie, volume d'air — et prélevé des carottes de glace pour étudier davantage les changements subis au fil du temps par le contenu chimique de la glace. On a constaté que l'utilisation d'une source de lumière artificielle pour irradier la neige, dans les conditions d'obscurité précédant le lever du soleil, activait bon nombre des mêmes processus déclenchés par le lever du soleil.

Un ballon météorologique fixé au-dessus du campement habité par les chercheurs durant l'expérience Lever de soleil polaire 2000, à Alert au Nunavut.

Le phénomène central étudié par les scientifiques était l'appauvrissement de l'ozone au niveau du sol en surface, durant le printemps dans l'Arctique. Des expériences précédentes sur le lever de soleil polaire avaient révélé que ce phénomène était vraisemblablement attribuable à des réactions chimiques où intervient le brome. Comme le brome n'est habituellement pas une substance réactive dans l'atmosphère, il subit probablement une quelconque transformation pour acquérir un état actif dans la neige. En outre, de récentes observations satellitaires effectuées au-dessus de la région à cette même époque de l'année ont constaté une intensification des concentrations d'oxyde de brome, une forme réactive du brome produite lors de la destruction de l'ozone par le brome.

Les scientifiques ont également mis au jour une étroite corrélation entre l'amenuisement de la concentration atmosphérique de mercure dans l'Arctique et l'appauvrissement de l'ozone, un phénomène particulièrement important pour la santé humaine et la salubrité de l'environnement puisque ce produit chimique toxique peut retomber sur terre et pénétrer dans la chaîne alimentaire.

Les membres de l'expédition ont observé une hausse des concentrations d'oxyde d'azote (NO_x) émises par la neige après le lever du soleil. Produit par la combustion des sources d'énergie fossiles, le NO_x se transforme en d'autres produits chimiques dans l'atmosphère et finit par être rabattu au sol par les précipitations. Le fait que la neige libère le NO_x sous sa forme originale est une autre preuve du rôle actif joué par la neige dans la modification et l'activation des substances chimiques, puisque le NO_x ne se reforme pas facilement une fois transformé.

L'activité photochimique semble également déclencher la formation de formaldéhyde et d'acide nitreux dans la neige, amenant la production du radical hydroxyle (OH) en présence de lumière solaire. Le radical hydroxyle joue un rôle central dans la chimie de l'atmosphère, réagissant avec presque tout. S'il y a production de ces substances chimiques dans la neige, alors le même processus pourrait survenir dans les glaciers, les calottes glaciaires et les nuages; c'est donc là un phénomène aux énormes conséquences potentielles.

Les scientifiques participant à l'expérience passeront l'été et l'automne à analyser leurs données, à en vérifier la qualité et à préparer le dévoilement de leurs conclusions à la conférence de l'*American Geophysical Union*, en décembre prochain à San Francisco en Californie. D'ici là, on prévoit organiser une expédition de suivi, qui aurait lieu à au moins une centaine de kilomètres au nord d'Alert pour atténuer au maximum les effets du campement lui-même et faciliter l'étude des conditions atmosphériques au-dessus de l'océan Arctique. Grâce aux connaissances acquises dans le cadre de ces recherches, on pourra ajouter d'importantes dimensions aux modèles atmosphériques existants et accroître l'exactitude des prévisions climatologiques. SmE

Décès tragique d'un éminent chercheur

C'est avec beaucoup de tristesse que nous avons appris la mort d'un des principaux experts de la planète sur les ours blancs, M. Malcolm Ramsay, qui a péri dans un accident d'hélicoptère survenu le 21 mai dans l'Extrême-Arctique. M. Ramsay, un biologiste de 51 ans qui enseignait à l'Université de la Saskatchewan, travaillait alors à une étude unique en son genre sur les relations entre l'ours blanc et le phoque.

M. Ramsay collaborait étroitement avec le Service canadien de la faune à Edmonton, où l'on se souvient de lui comme d'un « vrai scientifique » d'une grande curiosité, d'une vaste culture et d'un enthousiasme inébranlable. Outre ses recherches de longue haleine sur l'écologie et la physiologie de l'ours blanc, M. Ramsay avait récemment amorcé une étude sur les requins de la côte du Pacifique. Il laisse dans le deuil son épouse, Susan Hatfield, et ses deux fils, Nicholas et Thomas.

CLAYOQUOT SOUND : UN JOYAU DU PATRIMOINE INTERNATIONAL

De luxuriantes et anciennes forêts pluviales dominées par de majestueuses épinettes de Sitka, des plages littorales sauvages parsemées de bois de grève, des alpages isolés, de riches zones intertidales, des marais salants, des vasières et des réseaux de lacs et rivières entrelacés font de Clayoquot Sound un des bijoux de notre planète. Longtemps objet d'un conflit entre les bûcherons et les écologistes sur l'utilisation du territoire, Clayoquot Sound est maintenant assuré d'un avenir plus paisible grâce à sa récente désignation comme réserve internationale de la biosphère.

Les plages parsemées de bois de grève comptent parmi les nombreux habitats exceptionnels que l'on peut admirer à Clayoquot Sound.
Photo : Charles Ebbs

Cette désignation, conférée en mai dernier par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), s'accompagne d'un engagement commun à trouver un juste équilibre entre la protection de l'environnement et la santé économique des populations locales. C'est là un succès de taille pour cette région qui, il y a à peine sept ans, était le théâtre de la plus vaste opération de désobéissance civile de l'histoire canadienne au sujet de l'exploitation des forêts anciennes.

Il y a trois ans, des leaders de la collectivité représentant les Premières Nations, les municipalités locales de Tofino et d'Ucluelet ainsi que le district régional Alberni-Clayoquot ont décidé d'unir leurs efforts pour assurer un avenir durable aux 4 500 résidents de la région, et ont approché les Nations Unies pour entamer le processus de désignation. Leurs efforts ont culminé par la création de la première réserve de la biosphère de l'UNESCO en Colombie-Britannique, et la huitième seulement au Canada.

Située dans le centre-ouest de l'île de Vancouver à quelque 250 kilomètres au nord-ouest de Victoria, la nouvelle réserve, d'une superficie d'environ 350 000 hectares, fait partie du territoire traditionnel des Premières Nations Nuu-chah-nulth et englobe le village de Tofino. Le cœur protégé de la réserve, qui

Carte de l'île de Vancouver indiquant l'emplacement de Clayoquot Sound, désigné réserve de la biosphère par l'UNESCO

relie les montagnes de l'intérieur au littoral du Pacifique, comprend le secteur Long Beach de la réserve de parc national Pacific Rim et plus de 95 000 hectares de terres sises dans un parc provincial. Dans le reste de la réserve, les industries ont accepté de subordonner la coupe de bois et le développement économique à une méthode sélective axée sur la conservation.

Une des grandes particularités de Clayoquot Sound réside dans l'hétérogénéité de ses habitats. La modification progressive, par l'activité humaine, des régions situées hors de la réserve rend d'autant plus essentielle la protection de ces habitats pour la santé des populations fauniques. La forêt ombrophile tempérée du Pacific Rim fait partie d'une des régions au monde les plus productives en biomasse et d'un écosystème complexe et écologiquement important qui abrite toute une diversité d'espèces animales et végétales. Aujourd'hui, sur les 170 bassins versants peuplés de vieilles forêts qui ont déjà existé sur l'île de Vancouver, on n'en dénombre plus que onze, dont huit à Clayoquot Sound uniquement. Tout aussi importants sont les habitats littoraux, les vasières et les marais salants qui servent d'aires de repos et d'alimentation aux milliers d'oiseaux migrateurs qui font halte à ce point crucial du corridor de migration du Pacifique. L'environnement marin de Clayoquot Sound héberge de nombreuses espèces de poissons, des phoques, des lions de mer, des rorquals à bosse et d'autres espèces de cétacés.

Environnement Canada, l'actuel chef de file de la contribution fédérale à cet effort communautaire, mène des recherches approfondies sur les oiseaux migrateurs et marins de Clayoquot Sound et d'autres régions de l'île de Vancouver. Ces études portent notamment sur le Guillemot marbré, l'unique oiseau de mer que l'on sait nicher dans les forêts anciennes. Environnement Canada offre également un soutien, notamment financier, aux activités visant l'émergence d'une collectivité durable.

Le gouvernement fédéral a versé 12 millions de dollars à un fonds de dotation administré par le *Clayoquot Biosphere Trust*, un organisme multipartite. Cet argent viendra appuyer les activités de recherche, d'éducation et de formation qui aideront la région à faire la transition entre une économie essentiellement basée sur l'exploitation des ressources et une économie qui favorise un développement économique durable. SdE

Recherche scientifique et conservation des habitats

Voici le troisième d'une série d'articles consacrés à la conservation des habitats importants au Canada. Dans ce numéro, nous mettons en vedette l'exceptionnel secteur de Clayoquot Sound, dans l'île de Vancouver, désigné réserve de la biosphère par l'UNESCO en mai 2000.

NOUVELLES TECHNOLOGIES, POUSSIÈRES MOINS POLLUANTES

Au Canada, des milliers d'endroits ont été pollués par des déversements de carburants, des résidus miniers, des déchets de fonderies et les fuites provenant de batteries et d'autres équipements contenant des produits chimiques, qui ont contaminé un sol jusque-là sain en y déposant des composés organiques toxiques et des métaux lourds. Les chercheurs et les ingénieurs du Centre de technologie environnementale (CTE) d'Environnement Canada, avec l'appui du personnel de SAIC Canada, travaillent à la conception de méthodes plus rapides et plus efficaces pour décontaminer ces endroits et les rendre à nouveau utilisables.

Après plus de quatre années de recherche-développement, trois nouvelles techniques d'assainissement feront l'objet d'essais sur le terrain à l'échelle réelle, et pourraient atteindre d'ici quelques années le stade de la commercialisation. En plus d'être plus rapides et plus précises que les méthodes classiques d'élimination des produits chimiques organiques et des métaux lourds, ces techniques faisant appel à des équipements mobiles — et dont certaines ont été mises au point en collaboration avec le milieu universitaire — pourraient fort bien s'avérer moins coûteuses.

Le procédé MASL (Membrane-Assisted Soil Leaching, ou lessivage des sols par membrane) a pour but d'éliminer les métaux lourds, comme le mercure, le plomb, l'arsenic, le chrome, le cuivre et le cadmium, des lieux contaminés par les résidus miniers, les fonderies, les vieilles batteries, les carburants au plomb et d'autres substances rejetées au cours de déversements. La méthode classique pour extraire ces contaminants du sol consiste à les lessiver avec de l'acide, un processus qui ralentit à mesure qu'augmente la concentration de métaux dans la solution. Le procédé MASL fait appel à la même méthode de lessivage, mais en y ajoutant une autre étape, soit une filtration par membrane permettant de séparer du lixiviat les ions des métaux lourds. Le processus peut ainsi se poursuivre à un rythme acceptable, tandis que l'on peut récupérer l'acide non usé pour le réutiliser dans le processus. Le nouveau procédé réduit de 80 à 90 % le volume de déchets liquides et, grâce à la concentration des effluents métalliques, permet d'en réduire les coûts de traitement ou d'élimination et ainsi d'obtenir un sol plus propre qu'avec le lessivage classique.

Au départ, le procédé CHELASOL avait été conçu pour accélérer la préparation des échantillons de laboratoire en vue des analyses, en séparant simultanément les métaux lourds et les contaminants organiques des sols. On a également évalué si cette nouvelle technologie, qui combine en un seul procédé les méthodes employées jusque-là pour séparer les deux types de contaminants, pourrait servir à la remise en état des sols contaminés. Une telle vocation aurait de nombreuses applications potentielles, puisqu'on estime que près de 40 % des lieux contaminés au Canada contiennent aussi bien des métaux lourds que des contaminants organiques. Avec le processus CHELASOL, on emploie de l'acide pour lessiver les métaux lourds du sol avant d'ajouter un « chélateur » qui se lie aux ions métalliques pour former des chélates. On ajoute ensuite du solvant pour dissoudre à la fois les contaminants organiques et les chélates, davantage solubles dans le solvant que dans l'eau.

M. Andrew Daugulis, professeur de génie chimique à l'Université Queen's, procède au réglage d'un prototype à échelle réduite de bioréacteur de partage diphasique, servant à assainir le sol contaminé.

Des essais ont révélé que la méthode CHELASOL est aussi efficace que le lessivage à l'acide, pour l'élimination des métaux lourds du sol. Cette méthode a également permis d'extraire près de 80 % des biphényles polychlorés, contre seulement 55 % pour l'extraction classique par solvant. Les taux d'élimination pour d'autres substances organiques, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, étaient semblables à ceux obtenus par les méthodes d'extraction classiques. Entre 95 et 100 % du solvant utilisé dans le processus CHELASOL peut être récupéré du lixiviat par distillation; quant aux métaux lourds, on peut les récupérer en les extrayant des chélateurs et ensuite par précipitation.

Enfin, les scientifiques de SAIC Canada s'efforcent également d'amener du laboratoire aux essais sur le terrain, et au bout du compte à l'étape commerciale, le bioréacteur de partage diphasique conçu par les chercheurs en génie chimique de l'Université

Suite à la page 7

Suite de la page 6

Queen's à Kingston. Bien que le traitement microbien en bioréacteur soit une méthode relativement courante d'élimination des contaminants organiques contenus dans les sols, elle pose certains problèmes parce que les contaminants doivent être présents en concentrations suffisamment élevées pour entretenir la croissance microbienne, mais non pas élevées au point de tuer les microbes. Dans le nouveau processus diphasique, on contourne le problème en extrayant les contaminants organiques à l'aide d'un solvant, pour ensuite verser le solvant contaminé dans le bioréacteur, où il forme une couche immiscible à la surface du mélange eau-microbes. Certains des contaminants du solvant se dissolvent dans l'eau jusqu'à l'atteinte d'un point d'équilibre, pour être ensuite décomposés par les microbes. Il en résulte une modification de l'équilibre qui engendre un nouvel apport de contaminants du solvant; on obtient ainsi un processus autorégulateur où l'apport de contaminants correspond toujours à la capacité de traitement microbien. Les chercheurs de l'Université Queen's recourent à des logiciels complexes pour déterminer les combinaisons optimales de microbes et de solvant.

Pour l'avenir, on prévoit faire passer les trois technologies de l'étape du traitement discontinu à celle du traitement en continu, où les sols contaminés recueillis à une extrémité produiront, en bout de processus, des sols non contaminés. SAIC Canada est actuellement à la recherche de partenaires industriels intéressés à faire la démonstration à l'échelle réelle de ces techniques (sur les lieux), pour mieux les évaluer avant l'étape de la commercialisation. SetE

Décontamination des eaux souterraines par la vitamine B_{12}

Les Canadiens se préoccupent de la qualité de l'eau; bon nombre d'entre eux ne peuvent s'approvisionner qu'à une source d'eau souterraine propre. Malheureusement, les puits et les aquifères peuvent facilement être contaminés par des polluants communs des eaux souterraines, comme les solvants chlorés servant au nettoyage à sec, au dégraissage, au traitement chimique et au décapage. Des chercheurs de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE), d'Environnement Canada, ont mis au point une méthode pour décontaminer dans le sol même les eaux souterraines polluées, à l'aide d'une combinaison d'éléments non toxiques.

Des recherches menées à l'INRE ont montré que l'injection d'une solution de vitamine B_{12} et de citrate de titane dans un modèle de laboratoire d'aquifère et de puits avait entraîné une bonne déchloration des contaminants. Environnement Canada a fait breveter cette méthode, dont l'Armée américaine a commandé une démonstration sur place au terrain d'essai d'Aberdeen (Maryland), dont les eaux souterraines avaient été contaminées il y a 40 ans par une complexe combinaison de méthanes, d'éthanes et d'éthènes chlorés, qui ne se sont pas décomposés au fil des ans.

La solution en question est mélangée sur place, puis injectée dans les eaux souterraines contaminées au moyen d'un puits de recyclage spécialement conçu pour l'hydrogéologie locale et installé dans le secteur le plus contaminé. On a aménagé plusieurs puits de surveillance multiniveaux, disséminés en étoile autour du puits de recyclage, où l'on prélève régulièrement des échantillons pour déterminer l'efficacité du traitement dans l'aquifère.

Puits de recyclage et d'injection chimique, sur les lieux du projet pilote de restauration des eaux souterraines, au terrain d'essai d'Aberdeen.

Les résultats indiquent que les méthanes chlorés se dégradent en quelques minutes seulement, et que le processus est plus long pour les éthanes chlorés; c'est ensuite qu'a lieu la dégradation biologique des produits de seconde génération. Les recherches se poursuivent toujours, mais les résultats préliminaires sont encourageants. Jusqu'à maintenant, les chercheurs n'ont constaté aucune accumulation de chlorure de vinyle, un produit chimique cancérogène pouvant apparaître durant le processus de dégradation, et on a observé une prolifération bactérienne dans un endroit où rien ne pouvait pousser auparavant.

Cette démonstration sur place se poursuivra jusqu'en septembre, après quoi l'Armée américaine choisira la plus efficace des techniques de décontamination mises à l'essai, pour traiter l'ensemble du terrain. Pendant ce temps, les chercheurs de l'INRE continuent leurs travaux en laboratoire pour raffiner le processus et résoudre tout problème observé sur le terrain. Si tout va bien, la nouvelle technologie pourrait servir à assainir de nombreux sites au Canada et à l'étranger, particulièrement ceux qui sont contaminés par des solvants chlorés en concentrations suffisamment élevées pour être toxiques pour les bactéries, et ceux qui ont besoin d'être rapidement remis en état.

LES TORNADES DES PRAIRIES

Jusque-là dissimulé par un voile de pluies abondantes, il émerge soudainement sur un fond de ciel noir comme de l'encre : un tourbillon rugissant, qui s'étend du ventre d'un immense nuage d'orage jusqu'au sol, renversant des bâtiments, déracinant des arbres, éparpillant des automobiles et semant la destruction sur son passage.

Photo : Dan Newell

On signale au Canada davantage de tornades que partout ailleurs dans le monde, sauf aux États-Unis. Les quelque 80 tornades observées chaque année au Canada causent des dizaines de millions de dollars en dégâts matériels et mettent en danger la vie humaine. Selon les scientifiques du Service météorologique du Canada (SMC), une composante d'Environnement Canada, les changements climatiques pourraient accroître la fréquence de ces phénomènes violents, dans les années à venir.

Soixante pour cent des tornades signalées au Canada touchent le sud des Prairies (Manitoba, Saskatchewan et Alberta), qui forme l'un des deux « corridors de tornade » du Canada, l'autre étant le sud-ouest de l'Ontario. En analysant les données météorologiques des deux régions pour dégager les tendances dans la fréquence des tornades, les scientifiques du SMC ont remarqué que les températures printanières dans l'Ouest canadien étaient sensiblement plus élevées dans les années 1980 que lors des trois décennies précédentes, et que le nombre de tornades signalées avait également augmenté durant cette période. Ils ont également constaté que les tornades dans cette région se produisaient en moyenne onze jours plus tôt, ce qui laisse croire que la fréquence des tornades est physiquement reliée aux températures mensuelles moyennes.

En général, la fréquence des tornades augmente au printemps et au début de l'été avec la hausse des températures, pour ensuite diminuer vers la fin de l'été et durant l'automne avec la baisse des températures. Des modèles de circulation ont prédit une hausse d'au moins deux degrés des températures mensuelles moyennes dans le sud des Prairies, en raison du doublement des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone attribuable aux émissions de gaz à effet de serre. Si cette prévision s'avère juste, on peut s'attendre dans l'Ouest à une augmentation du nombre de tornades non seulement dans les mois « charnières » de mai, juin, août et septembre, où les conditions météorologiques viendront à s'apparenter davantage à celles régnant en juillet — le pire mois pour les tornades — mais aussi en juillet, toujours à cause de la hausse des températures mensuelles.

On ignore quel est au juste l'effet de causalité de cette relation, puisque les tornades résultent d'une combinaison de nombreux facteurs météorologiques complexes, dont certains ont trait à la température et à l'humidité (thermodynamique), et d'autres à la force et à la direction des vents (dynamique). Ce que l'on sait, c'est que les tornades prennent naissance dans de violents orages qui contiennent de forts courants ascendants d'air chaud et humide qui tourbillonnent en montant. Si la rotation prend suffisamment de force, l'orage peut se transformer en tornade.

Nous savons également que les orages se forment dans des masses d'air instables, et que l'accroissement de la température et du niveau d'humidité a pour effet d'accentuer l'instabilité des masses d'air. Ainsi, plus les températures s'élèvent, plus la thermodynamique devient favorable à la création d'orages et d'autres phénomènes météorologiques extrêmes. Cette théorie a été étayée par une étude sur les effets possibles des changements climatiques sur la fréquence planétaire des éclairs, où, à l'aide d'un modèle de circulation générale, les chercheurs ont constaté qu'une atmosphère plus instable (causée par un doublement des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone) engendrait une augmentation de 40 % de la fréquence des éclairs dans les régions continentales, l'Ouest canadien étant fortement touché.

Plus les chercheurs en apprennent sur les complexes relations existant entre les changements climatiques et les épisodes météorologiques violents, plus la population canadienne sera en mesure de se préparer et de réagir aux répercussions futures de ces événements. S•E

TOUT SUR LE

Bulletin S et E

LE BULLETIN SCIENCE ET ENVIRONNEMENT

paraît tous les deux mois et est élaboré par Environnement Canada pour présenter de l'information à la fine pointe de la science et de la technologie sur le plan environnemental aux Canadiens et Canadiennes.

Renseignez-vous davantage sur les sujets présentés dans ce numéro et ceux précédants en consultant notre site web *S et E* à l'adresse suivante : [www.ec.gc.ca/science]. La version en direct du *Bulletin* renferme souvent plus de données et de graphiques et offre des liens à d'autres documents et sites pertinents. Bon nombre des publications ministérielles mentionnées dans le *Bulletin* figurent sur la Voie verte d'Environnement Canada à [www.ec.gc.ca] ou peuvent être commandées auprès de l'Infomathèque au 1 800 668-6767.

Pour obtenir plus de renseignements sur un sujet, vous pouvez effectuer une recherche sur toutes les ressources canadiennes — y compris le *Bulletin S et E* — en utilisant le moteur de recherche CanExplore à [www.canexplore.gc.ca].

Les représentants des médias ainsi que les autres personnes intéressées à mener une recherche plus approfondie peuvent obtenir les noms et numéros de téléphone des personnes-ressources en communiquant avec l'éditeur du Bulletin, Paul Hempel, à Paul.Hempel@ec.gc.ca, ou au (819) 994-7796. Nous invitons les lecteurs à lui envoyer également leurs commentaires et suggestions.

N'hésitez pas à reproduire de l'information provenant de la présente publication en indiquant sa source : le *Bulletin S et E* d'Environnement Canada.

ISSN 1480-3801 • Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2000